ارزیابی روش‌های مختلف زمین آماری برای تعیین تغییرات مکانی شوری خاک

سیدعلیرضا سیدجلالی [۱]، فریدون سرمدیان [۲]
۱-استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج، ۲-استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تهران

چکیده
منطقه مورد مطالعه در دشت عقیلی، گتوند استان خوزستان واقع است. هدف اصلی از این تحقیق انتخاب مناسب‌ترین روش زمین‌آماری برای تعیین تغییرات مکانی شوری خاک می‌باشد. بدین منظور از روشهای مختلف درونیابی از قبیل کریجینگ معمولی، کوکریجیتگ معمولی و وزنی فاصله معکوس استفاده گردید. برای انجام این تحقیق، ۷۴ نمونه برای پیش بینی و ۲۸ نمونه برای آزمون پیش بینی انتخاب گردید. برای انتخاب متغیر کمکی از آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. و متغیر درصد سدیم قابل تبادل بعنوان متغیر کمکی در کوکریجینگ انتخاب گردید. بر اساس نتایج اعتبارسنجی روشها برای هدایت الکتریکی خاک مقادیر ریشه دوم میانگین خطا و میانگین خطا، برای کوکریجینگ به ترتیب، ۵۴/۱ و ۰۱۰/۰- دسیسیمنز بر متر، برای کریجینگ به ترتیب برابر ۷۵/۱ و ۰۲۰/۰- و وزنی فاصله معکوس به ترتیب ۷۱/۱ و ۰۷۰/۰- است. این نتایج نشان می‌دهد کوکریجینگ نسبت به کریجینگ و وزنی فاصله معکوس از دقت بالاتری برای تهیه نقشه شوری خاک برخوردار است.

واژه های کلیدی: زمین‌آمار، شوری خاک، گتوند

مقدمه
برای تهیه نقشه شوری خاک در سطح وسیع نیاز به صرف هزینه و وقت زیاد است. برای صرفه جویی در زمان و هزینه یکی از راهها، استفاده از روشهای درونیابی برای برآورد شوری است. بدین منظور در این تحقیق از روشهای درونیابی کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله استفاده گردید. تا روش مناسب‌تر و با خطای کمتر برای تولید نقشه استفاده شود.
بعضی از روش های کریجینگ مثل کوکریجینگ و رگرسیون کریجینگ از متغیرهای کمکی استفاده می‌کنند تا دقت درون یابی را افزایش دهند ضمن اینکه موجب کاهش تعداد مشاهدات متغیر اصلی شده و صرفه جویی در هزینه نمونه برداری خواهد شد. روش های درونیابی با استفاده از متغیرهای کمکی بهتر از روشهای درونیابی عام مثل کریجینگ معمولی است. (Kravchenko, A. N., and Robertson, G. P., ۲۰۰۷).
معرروفی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی، با استفاده از روش های متفاوت زمین آماری مانند کریجینگ، حداقل انحناء، فاصله معکوس، همسایگی طبیعی، چندجمله ای موضعی و توابع پایه شعاعی، تغییرات مکانی مقادیر هدایت الکتریکی و pH آب های خروجی از چشمه ها و قنات ها در دشت بهار همدان مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که روش های چندجمله ای موضعی و فاصله معکوس به ترتیب بهترین الگو برای تخمین هدایت الکتریکی و pH زه آب های منطقه بودند. همچنین روش توابع پایه شعاعی به عنوان نامناسب‌ترین الگو در تخمین هدایت الکتریکی و pHشناخته شد.
خصوصیات زمین نما[۲۵۳]، مانند کاربری اراضی، پستی و بلندی‌ها، و مواد مادری، برای کنترل فرآیندهای متفاوت خاک و توزیع مکانی خواص خاک از اهمیت خاصی برخوردار هستند. بنابراین، انتخاب روشهای درون‌یابی برای زمین نماهای مختلف، حتی برای خصوصیت خاک یکسان، متفاوت است (Hengl, T., Heuvelink, G. B. M., and Rossiter, D. G., ۲۰۰۷).
جعفری و همکاران (۲۰۰۸) طی تحقیقی برای بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک از دو روش کریجینگ و کوکریجینگ استفاده نمودند نتایج آنها نشان داد که استفاده از متغیر کمکی در کوکریجینگ دقت تهیه نقشه را افزایش داد. تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) به منظور پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک از روش کریجینگ و کوکریجینگ استفاده نمودند متغیرهای کمکی مورد استفاده در روش کوکریجینگ شامل داده های ماهواره‌ای ETM ، پارامترهای اراضی و قرائت‌های افقی- عمودی دستگاه القاءگر مغناطیسی می‌باشد. نتایج نشان داد که روش کوکریجنگ با استفاده از متغیر کمکی هدایت‌گر الکترومغناطیسی دارای دقت بهتری نسبت به کریجینگ بود. محمودی و همکاران (۲۰۱۲) طی تحقیقی به منظور بررسی تغییر پذیری برخی ویژگیهای خاک از روشهای کریجینگ، روش وزنی فاصله معکوس و روش توابع پایه شعاعی استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که برای پارامترهای سیلت، شن و وزن مخصوص ظاهری خاک از بین روشهای مختلف روش کریجینگ و برای پارامتر رس روش توابع پایه شعاعی از دقت بیشتری برخوردار بود. هدف از این تحقیق درون یابی شوری خاک با سه روش کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و وزنی فاصله معکوس است تا اینکه روش مناسبی برای درونیابی شوری خاک تعیین گردد.

[۲۵۳] Landscape

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایران، دشت عقیلی، گتوند، استان خوزستان به مساحت تقریبی ۳۵۰۰ هکتار بین عرض شمالی ˚۳۲ ´۰۷ تا ˚۳۲ ´۱۰ و طول شرقی ˚۴۸ ´۵۲ تا ˚۴۸ ´۵۶ قرار دارد. این منطقه بر اساس طبقه بندی گوسن دارای اقلیم نیمه بیابانی خفیف می‌باشد. حداکثر دمای روزانه در تیر ماه ۶/۴۶ درجه سانتی‌گراد و حداقل دمای روزانه ۱/۸ درجه سانتی‌گراد در دی ماه می‌باشد. مقدار متوسط بارندگی سالیانه در منطقه مورد مطالعه ۳۲۴ میلی‌متر است.

در این منطقه ۱۰۲ نقطه بررسی گردید. نمونه ها به دو زیر مجموعه تقسیم شدند. ۷۴ نقطه از داده های برای پیش بینی هدایت الکتریکی و ۲۸ نقطه برای آزمون و مقایسه دو روش درونیابی کریجینگ[۲۵۴] و کوکریجینگ[۲۵۵] در نظر گرفته شد.

آنالیز مؤلفه های اصلی[۲۵۶] یک روش- آماری چند متغیره است که متغیرهایی را که با هم همبستگی دارند بصورت مؤلفه های اصلی نشان می‌دهد. وقتی که متغیرها با هم همبستگی داشته باشند، آنالیز مؤلفه های اصلی برای کاهش داده های چند بعدی به تعداد کمتری از ترکیبات خطی متعامد، با خلاصه کردن منابع اصلی تغییرپذیری داده‌ها، مفید خواهد بود (Li Y., Shi, Z., Li, F., and Li, H. Y., ۲۰۰۷).

روش های درونیابی

کریجینگ بهترین تخمین‌گر خطی ناریب بوده که عاری از خطای سیستماتیک می‌باشد. همچنین واریانس تخمین در آن نیز حداقل می‌باشد. در این روش می‌توان نقشه های مختلف تخمین و خطای تخمین نقاط را تعیین نمود. در این روش داده‌ها بایستی از ایستایی لازم و توزیع نرمال (بعضی روش‌ها) برخوردار باشند. چنانچه در داده‌ها روند وجود داشته باشد از روش کریجینگ عمومی استفاده می‌شود.

کوکریجینگ یک روش زمین آماری اساسی و مهم است که از یک متغیر اصلی و یک متغیر ثانویه تشکیل شده که این دو متغیر با هم همبستگی دارند. و از نظر مکانی به هم وابسته هستند. توابع نیم تغییر نمای اعتبار سنجی متقابل در کوکریجینگ برای نشان دادن تغییرات مکانی خصیصه ها بکار می‌رود (Cahn, M. D., Hummel, J. W., Brouer, B. H., ۱۹۹۴).

روش وزنی فاصله معکوس یك روش درون یابی با وزن دهی متوسط بوده که در آن داده ها از طریق رابطه انحراف یك نقطه از سایر نقاط با استفاده از گره های شبکه بندی شده، وزن دهی می شوند. (Franke, R. ۱۹۸۲). این روش بر این فرضیه استوار است که با افزایش فاصله داده ها، تأثیر داده ها بریکدیگر نیز کم رنگ تر می شود. بنابراین ضریب وزنی با فاصله، رابطه معکوسی دارد.

معیارهای ارزیابی

روشهای کریجینگ و کوکریجینگ با استفاده از معیارهای میانگین خطا (ME[۲۵۷]) و با ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE[۲۵۸]) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند در این تحقیق از این معیاره برای برای هدایت الکتریکی ۲۸ نمونه آزمون و ۷۴ نمونه پیشبینی شده استفاده می‌شود.. ME برای اندازه گیری تخمین اریب و RMSE برای اندازه گیری دقت است که از طریق روابط (۱ و ۲) محاسبه می‌شوند:

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{n}[z(u_i)-z^*(u_i)]}{21}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[z(u_i)-z^*(u_i)]^2}{21}} \qquad (۲)$$

در اینجا، $z(u_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده در مکان u_i، و $z^*(u_i)$ مقدار برآورد شده در همان محل است. آنالیز زمین آماری و تولید نقشه های پیشبینی هدایت الکتریکی بوسیله نرم افزار ARCGIS ۱۰.۱[۲۵۹] انجام گردید.

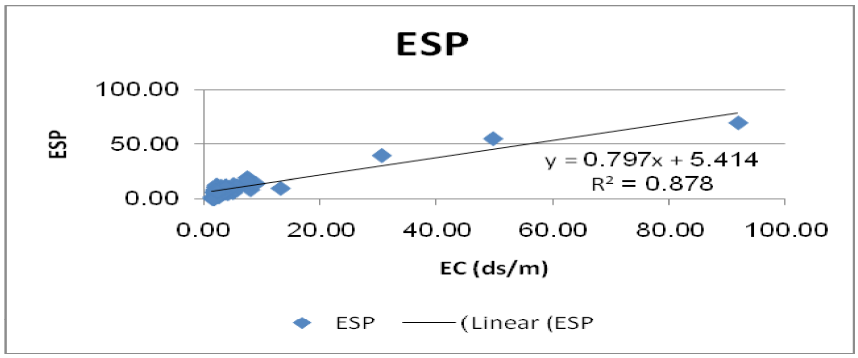
نتایج و بحث

نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی نشان داد که سه مؤلفه اصلی مؤلفه ۱، ۲ و ۳ مقادیر ویژه آنها بزرگتر از یک می‌باشد. درصد تغییرات توزیع داده شده توسط این سه مؤلفه به ترتیب ۳۰/۰، ۲۴/۰ و ۲۱/۰ درصد است که نشان می‌دهد در مجموع این سه مؤلفه بیش از ۷۶ درصد کل تغییرات و اطلاعات را به خود اخصاص داده‌اند. سایر مؤلفه ها نقش زیادی در تغییرات داده ها را به خود اختصاص ندادند. در ضمن رابطه رگرسیونی نیز نشان داد که بین هدایت الکتریکی خاک و درصد سدیم قابل تبادل همبستگی بالائی وجود دارد. که مقدار آن برابر ۸۷/۰ است.

---

[۲۵۴] Kriging
[۲۵۵] Cokriging
[۲۵۶] Principal Component Analysis (PCA)
[۲۵۷] Mean Error
[۲۵۸] Root Mean Square Error
[۲۵۹] ESRI, Redlands, CA, USA

همبستگی قوی بین درصد سدیم قابل تبادل و هدایت الکتریکی از مؤلفه سوم که مقدار آن برابر ۸۷/۰ است (شکل ۱) نشان می‌دهد که درصد سدیم قابل تبادل می‌تواند بعنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱ - رابطه بین درصد سدیم قابل تبادل و هدایت الکتریکی

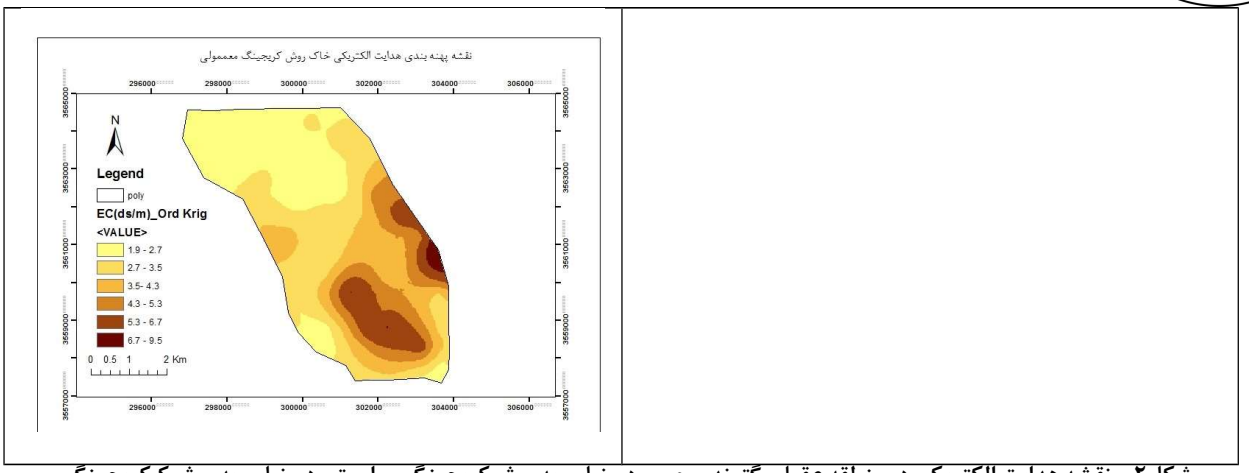
همان طور که در جدول (۱) نشان داده شده است مدل نمایی بر نیم تغییر متغیر اصلی، هدایت الکتریکی برازش داده شد و نسبت پایین اثر قطعه‌ای به آستانه [C۰/(C+C۰)] برابر ۱۶/۰ نشان دهنده ساختار مکانی مناسب است و از آنجایی که از بین سایر مدلها کمترین خطا را داشت به عنوان بهترین مدل برای برازش داده ها انتخاب گردید. واریوگرام متغیر کمکی انتخاب شده از مؤلفه اول که درصد سدیم تبادل می‌باشد نیز به مدل نمایی برازش داده شد، که دارای نسبت پایین اثر نقطه‌ای به سقف [C۰/(C+C۰)] برابر ۳۰/۰ است که ساختار مکانی مناسب را نشان می‌دهد. چون که از بین سایر مدلها کمترین خطا را داشت به عنوان بهترین مدل برای برازش داده ها انتخاب گردید.

پس از برازش دادها به مدلهای مختلف، نقشه درون یابی با بهترین مدل و کمترین خطا تهیه شد و مشخص شد که نقشه درونیابی با استفاده از کوکریجینگ دارای کلاسهای بیشتری نسبت به کریجینگ بود که نشان می‌دهد که کوکریجینگ (شکل ۲- راست) نسبت به کریجینگ (شکل ۲- چپ) در مجموع پیش بینی دقیق‌تری را نشان می‌دهد.

جدول ۱ - جدول پارامترهای زمین آماری

پارامترها	روش	C۰/C۰+C	مدل	خطای روش ارزیابی متقابل	
				ME	RMSE
EC	روش وزنی فاصله معکوس	۶/۱۶	نمایی	-۰۲۰/۰	۷۵/۱
		۵/۴	نمایی	-۰۱۰/۰	۵۴/۱
			توان ۲	-۰۳۲/۰	۷۴/۱
			توان ۳	-۰۷۰/۰	۷۰/۱
			توان ۴	-۰۸۹/۰	۷۰/۱

ME : Mean Error., RMSE : Root Mean Square Error



شکل۲- نقشه هدایت الکتریکی در منطقه عقیلی گتوند - چپ- درونیابی به روش کریجینگ.، راست- درونیابی به روش کوکریجینگ.،

مقایسه نتایج درونیابی

بر اساس نتایج اعتبارسنجی روشها برای هدایت الکتریکی خاک مقادیر ریشه دوم میانگین خطا و میانگین خطا، برای کوکریجینگ به ترتیب، ۵۴/۱ و ۰۱۰/۰- دسیسیمنز بر متر، برای کریجینگ به ترتیب برابر ۷۵/۱ و ۰۲۰/۰- و وزنی فاصله معکوس به ترتیب ۷۱/۱ و ۰۷۰/۰- است. این نتایج نشان می‌دهد کوکریجینگ نسبت به کریجینگ و وزنی فاصله معکوس از دقت بالاتری برای تهیه نقشه شوری خاک برخوردار است. بنابر این نقشه پهنه بندی تغییرات مکانی شوری خاک به روش کوکریجینگ که از دقت بالاترب برخوردار است تهیه گردید (شکل ۲ ب)..

در ضمن در تحقیقاتی که توسط Ahmad و Marsily (۱۹۸۷) و همچنین Kravchenko و Robertson (۲۰۰۷) انجام گردید نشان داد که برای پیشبینی خصوصیات خاک و استفاده از متغیرهای کمکی باعث برتری روش کوکریجینگ نسبت به روشهای درونیابی عام مثل کریجینگ معمولی است. تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) و جعفری و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقات خود نیز نشان دادند استفاده از روش درونیابی کوکریجینگ نسبت به کریجینگ از دقت بالاتری برخوردار است. که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

نتیجه گیری

از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که روش کوکریجینگ نسبت به کریجینگ و وزنی فاصله معکوس برای تهیه نقشه شوری خاک از دقت بالاتری برخوردار است. زیرا خطای آن پایین تر بود. بنابر این استفاده از روشهای درویابی ضمن کاهش در هزینه نمونه برداریها و هزینه آزمایشات خاک می‌تواند نتایج معقولی را ارائه دهد.

منابع

تقی‌زاده-مهرجردی، م.، سرمدیان، ف.، امید، م.، سوابقی،گ.، روستا، م و رحیمیان، م. ۱۳۹۲. نقشه برداری شوری خاک با استفاده از روشهای زمین آماری و القاء مغناطیسی در اردکان. نشریه ایرانی علوم خاک. جلد ۲۶ شماره ۴. ص ۳۸۰-۳۶۹.

جعفری، م.، اصغری، م. معظمی، م.، بی‌نیاز، م و تهمورس، م. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک با استفاده از روشهای زمین آماری. نشریه زراعی و باغبانی. شماره ۸۰.

محمودی، ج.، زارعیان، ف.، جوادی، م و خرسندی، ن. ۱۳۹۱. مقایسه کارایی بعضی از روشهای زمین آماری برای پیش‌بینی تغییر پذیری بعضی از خصوصیات فیزیکی خاک . جلد ۱. شماره ۴. نشریه حفاظت منابع خاک و آب.

معروفی، س.، ترنجیان، آ و ابیانه، ح. ۱۳۸۹. ارزیابی روشهای مختلف زمین‌آماری برای تخمین شوری و پ هاش آب شبکه زهکشی در دشت بهار-همدان. دانشگاه منابع طبیعی و کشاورزی گرگان.

Ahmed, S., and De Marsily, G., ۱۹۸۷. Comparison of geostatistical methods for estimating transmissivity using data on transmissivity and specific capacity. *Water Resour. Res.* ۲۳: ۱۷۱۷-۱۷۳۷.

Cahn, M. D., Hummel, J. W., Brouer, B. H., ۱۹۹۴. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۵۸, ۱۲۴۰-۱۲۴۸.

Franke, R. ۱۹۸۲. Scattered data interpolation : test of some methods. Mathematics of Computations, ۳۳: ۱۸۱-۲۰۰.

Hengl, T., Heuvelink, G. B. M., and Rossiter, D. G., ۲۰۰۷. About regression-kriging : From equations to case studies.*Comput. Geosci.* ۳۳: ۱۳۰۱-۱۳۱۵.

Kravchenko, A. N., and Robertson, G. P., ۲۰۰۷. Can topographical and yield data substantially improve total soil carbon mapping by regression krigging? *Agron. J.* ۹۹: ۱۲-۱۷.

Li Y., Shi, Z., Li, F., and Li, H. Y., ۲۰۰۷. Delineation of site-specific management zones using fuzzy clustering analysis in a coastal saline land. *Computers and Electronics in Agriculture*, ۵۶, ۱۷۴-۱۸۶.

Abstract

The study area is in Aghili plain, Gotvand, Khuzestan province. The main objective if this research is choosing the best geostatistical method for determing spacial variability of soil salinity. For that different mehods such as Kriging, coKriging and weighted inverse distance was used. In order to do this research, ۷۴ samples were used for prediction as training and ۲۸ samples for test. For selection of covariate, principle component analysis were performed. So that exchangeable sodium percentage was selected as covariat in coKriging. Based on result of cross validation for predicted dataset, RMSE and ME for coKriging in order was ۱.۵۴ and -۰.۰۱۰ ds/m., for Kriging was ۱.۷۵ and -۰.۰۲۰ and for weighted inverse distance method was ۱.۷۱ and -۰.۰۷۰. These results showed higher accuracy of soil salinity estimation in Cokriging than Kriging and weighted invese distance method.